

METEN VAN DE SCHUIFWEERSTAND IN LENOWEEFSELS

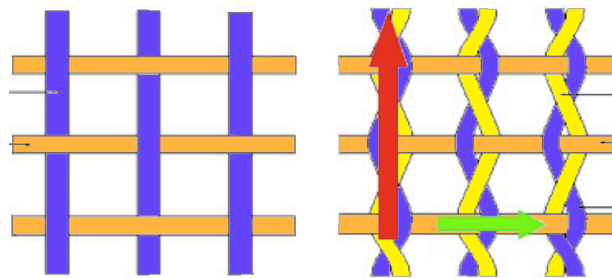
ing Gregory Haezebrouck, ir Geert De Clercq, Hannelore Biebau, ing Bianca Smet, ing Leen Allaert¹,
prof. Dr. ir Lieva Van Langenhove, Dr. ir Simona Vasile², Prof. Dr. ir Joris Degrieck³

1. Inleiding

Een lenoweefsel verschilt fundamenteel van een 'gewoon' plat weefsel. Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar het artikel: 'Lenoweven: recente evolutie van de oude technologie' in Unitex 2010/1

De schuifweerstand kan men omschrijven als de kracht nodig om een draad te verschuiven in het weefsel en vormt dus een maat voor de vormstabiliteit van de structuur. De schuifweerstand wordt bepaald door de statische wrijvingskracht nodig om de draad in beweging te brengen binnen het weefsel. Hoe hoger deze statische wrijving, hoe hoger de nodige kracht om een draad te verschuiven en dus hoe hoger de schuifweerstand.

Terwijl bij een gewoon weefsel ketting en inslag op een vrij gelijkaardige manier in het weefsel liggen is dit bij lenoweefsels niet zo. De inslagen liggen als het ware recht in het weefsel terwijl de kettingdraden paarsgewijs liggen waarbij de draden die een kettingpaar vormen onderling kruisen tussen elke inslag. Gevolg is dat de kettingdraden een veel groter contactoppervlak hebben met andere draden dan de inslagdraden. Daardoor zijn de statische wrijvingskrachten die op een kettingdraad inwerken een stuk hoger dan deze die op een inslagdraad inwerken. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1. M.a.w. de schuifweerstand van een inslagdraad is lager dan deze van een kettingdraad. De beperkende factor van de stabiliteit van het lenoweefsel is daardoor de schuifweerstand van de inslag. Het volstaat dan ook deze te meten en te kwantificeren om de stabiliteit van het weefsel in een getalwaarde uit te drukken.



Figuur 1 links gewoon weefsel, rechts lenoweefsel

Bestaande meetmethoden voor de bepaling van de schuifweerstand in weefsels (ISO 13935, 13936) zijn evenwel niet bruikbaar voor gaasweefsels. De weerstandskrachten in deze weefsels zijn vaak beduidend lager dan de krachten gebruikt bij die methoden. Tengevolge de vaak lage dimensionale stabiliteit is een goede staalvoorbereiding van een lenoweefsel volgens hoger genoemde normen quasi onmogelijk. Wat gemeten wordt in bovenstaande normen is ook niet zuiver de weerstandskracht van de inslag t.o.v. de ketting.

Omdat geen gestandaardiseerde norm beschikbaar is voor de bepaling van de schuifweerstand in gaasweefsels en dus bij uitbreiding niet voor open lenoweefsels werden drie alternatieve meetmethoden geëvalueerd.

Eerst wordt een korte beschrijving gegeven van bestaande normen ISO 13935-1, ISO 13935-2 en ISO 13936-3, waarna deze worden geëvalueerd.

2. Bestaande methoden:

2.1 ISO 13935-1: Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles – Part 1: Determination of maximum force to seam rupture using the strip method

¹ Hogeschool Gent, Departement INWE, Vakgroep Textiel,

² Universiteit Gent, Faculteit IW, Vakgroep Textielkunde,

³ Universiteit Gent, Faculteit IW, Vakgroep Toegepaste Materiaalwetenschappen

Een weefsel wordt dubbel geplooid in inslag- of kettingrichting. Daarna wordt het gestikt in respectievelijk inslag of kettingrichting. Van het gestikte weefsel worden 5 stalen geknipt. Over de ganse breedte wordt het weefsel in de boven- en onderklem van een CRE-trekbank* geklemd en aan een trekproef onderworpen. Voorschriften m.b.t. de naad worden in samenspraak bepaald. Het meetresultaat is de kracht waarbij de naad scheurt, het weefsel scheurt nabij de naad of de draden van het weefsel uit de naad schuiven.

Bij breuk elders in het weefsel wordt het staal uitgesloten.

Probleem bij gebruik van deze methode voor open weefsels is het aanbrengen van de bruikbare naad.

2.2 ISO 13935-2: Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles – Part 2: Determination of maximum force to seam rupture using the grab method

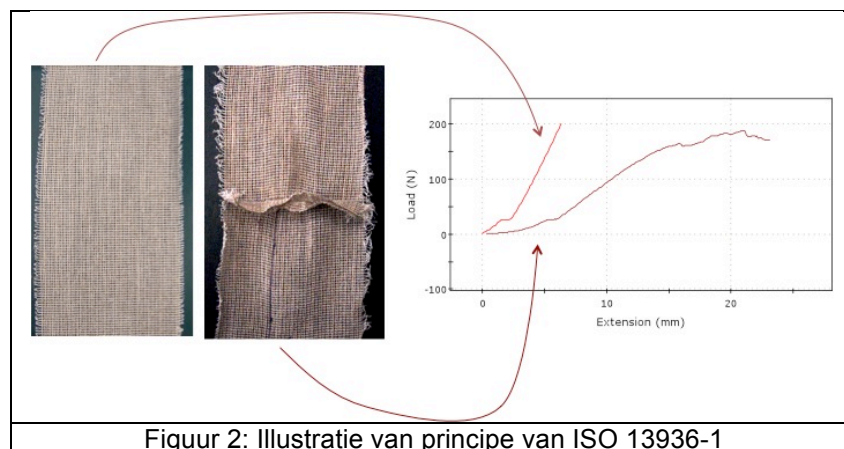
Het principe is volledig analoog aan ISO 13935-1 met dat verschil dat de klemmen hier smaller zijn dan het staal.

2.3 ISO 13936-1: Bepaling van de slipweerstand van garen in een naad bij geweven stoffen – Deel 1: Methode met vaste naadopening

Het weefsel wordt voorbereid op een manier vergelijkbaar met die van ISO 13935-1. Per staal met naad is er een tweede zonder naad. De vijf 'tweede stalen' bij elk van de vijf 'eerste stalen,' bestaan uit dezelfde ketting- of inslagdraden.

Een staal zonder naad wordt op een CRE-trekbank aan een kracht onderworpen die tot 200 N gradueel oploopt. Hierna wordt het bijbehorende staal met naad aan dezelfde procedure onderworpen waarbij 200 N niet moet gehaald worden. Er worden uiteindelijk vijf koppels rek-trekdiagramma bekomen.

Binnen elk koppel wordt de onderlinge afstand tussen het rek-trekdiagram mét en zonder naad opgemeten en deze afstand, zijnde het krachtverschil, is dan de maat voor de schuifweerstand.



Figuur 2: Illustratie van principe van ISO 13936-1

Probleem bij gebruik van deze methode is terug het aanbrengen van een naad in een open gaasweefsel.

2.4 ISO 13936-2: Bepaling van de slipweerstand van garen in een naad bij geweven stoffen – Deel 2: Methode met een vaste belasting

De stalen worden voorbereid op een manier vergelijkbaar met die van ISO 13935-1. Er worden hier geen 'tweede stalen' gebruikt zoals bij ISO 13936-1.

Het staal wordt ingeklemd op een CRE-trekbank en belast met een voorgeschreven kracht. (60, 120 of 180 N)

De naadopening in millimeter is de meetwaarde die een maat vormt voor de schuifweerstand.

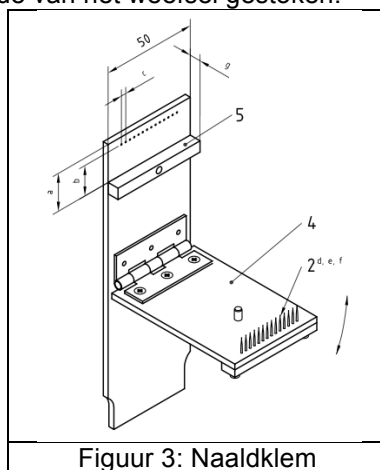
* Constant-Rate-of-Extension

Bij deze methode is niet alleen het aanbrengen van de naad problematisch voor open gaasweefsels, maar ook het aanbrengen van krachten van 60 N en meer. De schuifweerstand in gaasweefsels is meestal te klein om dergelijke krachten te verdragen.

2.5 ISO 13936-3: Bepaling van de slipweerstand van garen in een naad bij geweven stoffen – Deel 3: Naaldklemmethode

Hier worden gewone rechthoekige stalen getest.

Een staal (zonder naaldklem) wordt op een CRE-trekbank aan een tot 100, 200 of 250 N vermeerderende kracht onderworpen. Per staal dat zonder de naaldklem getrokken wordt, wordt een tweede met naaldklem getest volgens dezelfde procedure. (De 'tweede stalen' bestaan voor elk van de vijf 'eerste' stalen uit dezelfde ketting- of inslagdraden.) Het staal wordt in de bovenste klem van een CRE-trekbank geklemd. in de onderste klem bevindt zich een klem met pinnen. De pinnen worden loodrecht door de onderzijde van het weefsel gestoken.



Figuur 3: Naaldklem

Er worden uiteindelijk vijf koppels van rek-trekdiagramma bekomen.

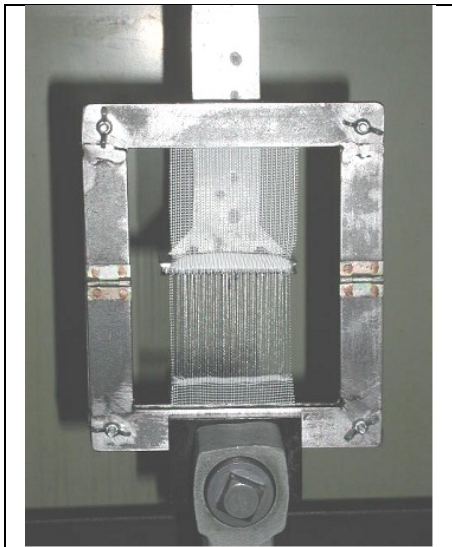
De afstand in mm bij een kracht 100 of 200 N tussen de twee curven, vormt de meetwaarde. Van de vijf bekomen krachten wordt het gemiddelde als meetwaarde genomen, dit op analoge wijze aan ISO 13936-1.

Probleem bij deze meetmethode is dat de schuifweerstand in open gaasweefsels meestal véél lager is dan 100 N wat deze methode als dusdanig niet bruikbaar maakt.

3. Onderzochte meetmethoden

Zoals hoger beschreven zijn de bestaande ISO normen niet toepasbaar op gaasweefsels. Uit de beschrijving van de werkwijze is duidelijk waarom: deze meetmethoden zijn enkel bruikbaar indien de schuifweerstand hoog genoeg is. Daarom werden drie alternatieven onderzocht. Een eerste met naaldkam is een afgeleide van ISO13936-3, ontwikkeld binnen de Vakgroep Textiel van de Hogeschool. De twee andere zijn meetmethoden die afgeleid zijn van voorstellen voor meetmethoden van de schuifweerstand die decennia geleden in de vakliteratuur werden gepubliceerd maar niet werden aanvaard binnen de normering voor weefsels met hogere densiteiten. Voor gaasweefsels blijken deze meetmethoden echter een alternatief te kunnen bieden mits enige aanpassing.

3.1 Meetmethode met naaldkam (verder aangeduid met N)

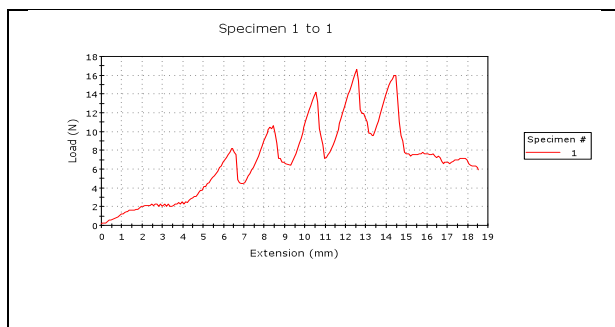


Figuur 4: opstelling
naaldkammethode

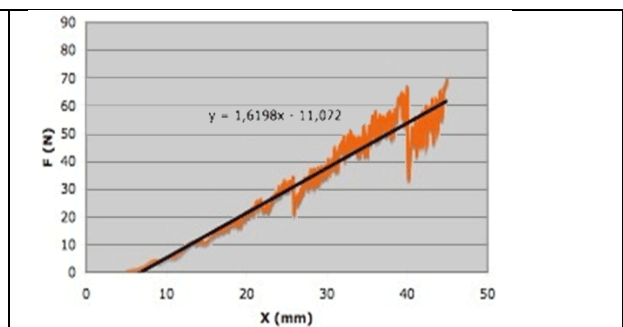
De methode met naaldkam is afgeleid van de norm ISO 13936-3.

Een rechthoekig staal van 23 cm in inslagzin en 7 cm in kettingzin wordt in een rechthoekig raam geklemd met een voorspanning die d.m.v. een klem en een gewicht van 100 g aangebracht wordt. Het raam heeft een binnenhoogte van 15 cm en wordt in de onderste klem van een trekbank geklemd. In de bovenste klem van de machine wordt een naaldkam geklemd die in het staal tussen twee lenoparen gebracht wordt nadat enkele lenoparen manueel naar beneden werden geschoven. De kam telt 19 naalden met 1,2 mm diameter en met een 3,8 mm deling (= asafstand tussen de naalden). Met een constante snelheid van 50 mm/min wordt de naaldkam naar boven verplaatst en het rek-trekdiagram geregistreerd.

Bedoeling was om na te gaan wat de kracht is nodig om een lenopaar over de inslagen heen te doen verschuiven. Daartoe moet evenwel het staal zodanig worden ingeklemd dat de lenoparen perfect evenwijdig lopen met de naalden van de kam, zoniet wordt niet door alle tanden gelijktijdig contact gemaakt en heeft men geen eenduidige meting. Bij eenvoudige en zeer open lenoweefsels worden bij verschuiven van vijf lenoparen vijf pieken opgetekend telkens een paar begint te schuiven en dus door overgang van statische naar dynamische wrijving een daling in de wrijvingskracht optreedt. Door een gemiddelde te maken van de vijf piekwaarden krijgt men een maat voor de schuifweerstand.



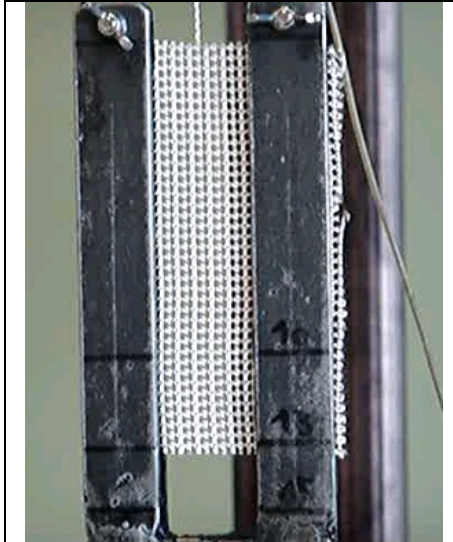
Figuur 5: Rek-trekdiagram met 5 pieken voor
eenvoudig lenoweefsel



Figuur 6: Standaard rek-trekdiagram bij hortende
beweging

Bij de meeste lenoweefsels blijkt echter dat bij het verschuiven van de lenoparen een hortende beweging ontstaat waardoor de vijf pieken niet meer mooi afgetekend worden geregistreerd, maar er een curve ontstaat met een opeenvolging van pieken. Om dit probleem te omzeilen wordt tussen een verplaatsing van 5 en 45 mm de bestpassende rechte bepaald. De richtingscoëfficiënt van de bestpassende rechte wordt als maat voor de schuifvastheid van het weefsel genomen. Er wordt geopteerd om pas na een verschuiving van 5 mm de data in de berekening op te nemen, dit omdat dergelijke verplaatsing nodig is om de kam over de ganse breedte een lenopaar te doen grijpen op een betrouwbare wijze.

3.2 Meetmethode met U-vormig inspanraam (verder aangeduid met U)

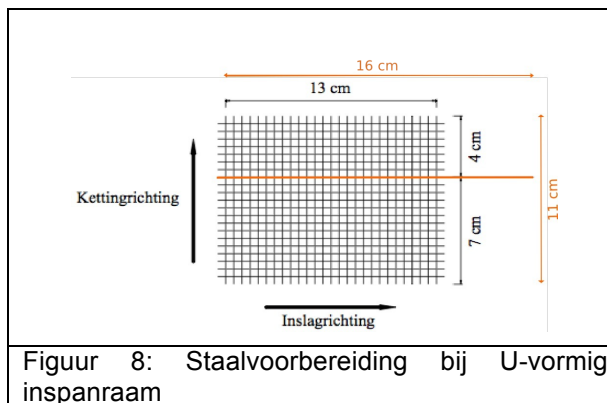


Figuur 7: opstelling bij U-vormig inspanraam

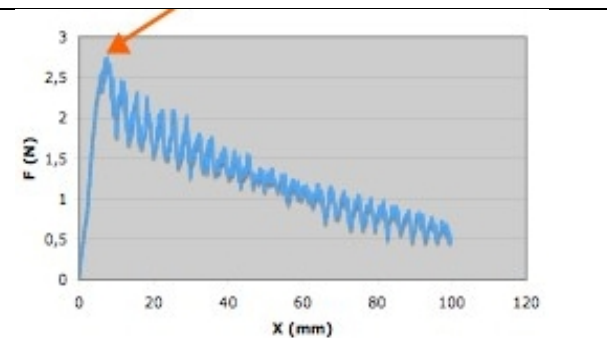
Uit een rechthoekig staal wordt een enkele inslag op 4 cm van de zijkant vrijgemaakt over een drietal centimeter en dat uit een staal van 16 cm in inslagzin bij 11 cm in kettingzin. Het staal wordt geklemd in een U-vormig inspanraam met een voorspanning die d.m.v. een klem en een gewicht van 200 g aangebracht wordt. Het spanraam wordt in de onderste klem van de trekbank geklemd; de vrije inslag in de bovenste klem. Met een snelheid van 100 mm/min wordt de inslag uit het weefsel getrokken.

Het rek-trekdiagram vertoont een aaneenschakeling van pieken met een steeds dalende waarde. Dit komt omdat de lenoparen enigszins doorbuigen bij het trekken aan de inslagdraad en daardoor de inslagdraad belasten op trek. Telkens een lenopaar loslaat valt een belasting weg, wordt de statische wrijving overwonnen en schuift de inslagdraad verder op, de belasting door de resterende lenoparen daalt even, waardoor de spanning in de inslagdraad daalt, de statische wrijving overwint terug de dynamische en de cyclus start opnieuw. Door verder aan de inslagdraad te trekken loopt de spanning in de inslagdraad terug op, maar bereikt nooit meer de oorspronkelijke piekwaarde aangezien er steeds minder lenoparen zijn om de inslagdraad te belasten.

Uit het rek-trekdiagram wordt de eerste, en dus hoogste, piekwaarde genomen als maat voor de schuifvastheid.



Figuur 8: Staalvoorbereiding bij U-vormig inspanraam



Figuur 9: Typisch rek-trekdiagram voor U-vormig inspanraam

3.3 Meetmethode met gescheiden dradenstelsels (verder aangeduid met G)

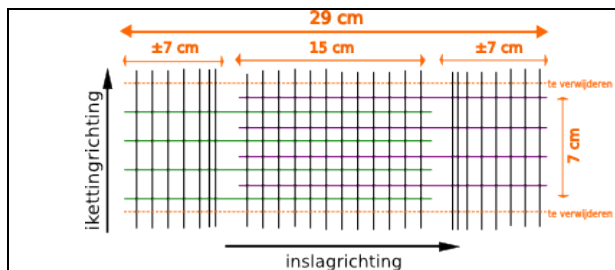


Figuur 10: opstelling bij gescheiden dradenstelsel

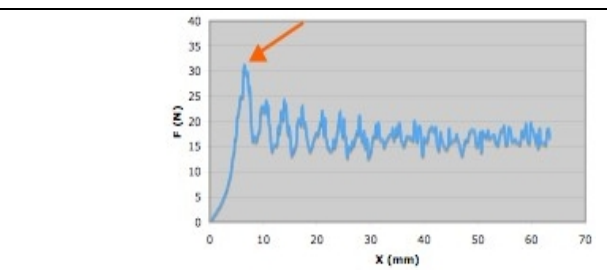
Een staal van 29 cm in inslagzin en ruim 7 cm in kettingzin wordt verdeeld in twee inslagdradenstelsels. Aan één zijde worden op 7 cm alle even inslagen doorgeknipt en op 15 cm daarvan alle oneven inslagen. Het staal wordt vervolgens uitgerafeld tot 7 cm breedte en in de trekbank geklemd. Met een treksnelheid van 100 mm/min worden de inslagdraden uit het weefsels getrokken.

Het mechanisch gedrag van de garens en dus ook de geregistreerde rek-trekcurve vertonen veel analogie aan wat gebeurt bij de meetmethode met U-vormig inspanraam. Groot verschil is wel dat de curve hier niet een dalende vorm vertoont. Dit komt omdat in de regel de lenoparen mee verschuiven zoals te zien in fig. 10. De inslagdraden worden dus niet noodzakelijk uit de lenoparen getrokken en blijven een invloed uitoefenen op de wrijvingskrachten die moeten overwonnen worden.

Uit het rek-trekdiagram wordt de eerste, en tevens hoogste, piekwaarde genomen als maat voor de schuifvastheid. Op het moment van de piek wordt de statische wrijving overwonnen en beginnen de kettingparen te schuiven over de inslagdraden.



Figuur 11: Staalvoorbereiding bij gescheiden dradenstelsels



Figuur 12: Typisch rek-trekdiagram voor gescheiden dradenstelsel

4. Kwantificeren van de schuifweerstand voor de drie methoden.

Een bindingspunt is een plaats in een lenoweefsel waar een kettingpaar een inslag omklemt. Voor het bekomen van een uiteindelijke meetwaarde, wordt voor alle drie de methoden de grafiekwaarde gedeeld door het aantal betrokken bindingspunten. Zodoende wordt een waarde in millinewton per bindingspunt (mN/bp) bekomen. Er moet worden benadrukt dat telkens een maat voor de schuifweerstand wordt bekomen. Waarden bekomen met één methode kunnen niet worden vergeleken met die van een andere. Een waarde x mN/bp bekomen met één methode is verschillend van eenzelfde waarde x mN/bp bekomen met een andere meetmethode.

Het aantal inslagen en kettingparen in het weefsel werden bepaald door de afmetingen van het

weefsel te verrekenen met respectievelijk de inslag- en kettingpaardichtheid.
In onderstaande tabel zijn de berekeningswijzen voor elk van de meetmethoden weergegeven.

	meetmethode		
	naaldkam	gescheiden dradenstelsel	U-vormig inspanraam
grafiekwaarde (w)	richtingscoëff.	piek	piek
aantal bp van belang	# inslagen op 7cm X #paren op 4cm	# inslagen op 7cm X #paren op 15cm	# kettingparen
mN/bp	w*1000 / #bp	w*1000 / #bp	w*1000 / #bp
opmerking	7cm = breedte staal 4cm = afstand door kam afgelegd	7cm = breedte staal 15cm = afstand tussen klemmen	één inslag vastgehouden door alle kettingparen

4.1 Correlaties tussen de drie methoden

Voor de drie methoden werd de onderlinge correlatie bepaald. De draden in de weefsels bestonden uit polypropreen, polyester, polyester met PVC-coating, polyamide en/of katoen.

Van de resultaten van de testen met naaldkam zijn minder gegevens ter beschikking dan voor de beide andere methoden. Dit komt omdat sommige weefsels niet konden getest worden met de naalkammethode omdat de kam plooid en uit het weefsel sprong. Herontwerpen van de kam is een optie om ervoor te zorgen dat een breder pallet aan weefsels getest kan worden.

De bekomen waarden zijn weergegeven in onderstaande tabel waarin ook het aantal weefsels is weergegeven waarover de correlatie kon berekend worden.

Gecorreleerde meetmethoden	Aantal weefsels	Correlatiecoëfficiënt
N – G	18	0,991
N – U	18	0,987
G – U	32	0,750

De correlaties N-G en N-U zijn erg hoog. Enkel de correlatie tussen gescheiden dradenstelsel en U-vormig inspanraam is laag. Als dezelfde achttien weefsels beschouwd worden bij G-U die bij N-G en N-U beschouwd worden, wordt ook hier een hogere correlatie bekomen, nl. 0,988. De achttien weefsels waarvan sprake verschillen relatief weinig ten opzichte van elkaar. De extra weefsels die niet met N maar wel met G en U konden getest worden, bestreken een breder pallet aan weefselconstructies. Dit kan er op wijzen dat de methoden voor bepaalde weefsels een goede correlatie vertonen, maar dat er voor bepaalde andere constructies helemaal geen correlatie bestaat. Zowel de naaldkam als de twee inspanramen (voor N en U) beginnen door de vele testen echter slijtage te vertonen wat eveneens een negatieve invloed kan hebben.

Nieuw testgereedschap voor zowel N als U moet worden aangemaakt en een nog breder pallet aan weefsels moet worden geëvalueerd alvorens hier een definitief besluit kan getrokken worden.

4.2 Operatoronafhankelijkheid

De garens in de weefsels bestonden uit polypropyleen, polyester, polyester met PVC-coating en/of katoen.

De gebruikte meetmethode werden uitgelegd aan een geschoolde en ervaren textiellaborante voor wie deze meetmethoden nieuw waren. Daarenboven werd gebruik gemaakt van de trekbank van het textiellabo van UGent i.p.v. deze van HoGent. De bekomen waarden werden vergeleken met de waarden bekomen door het onderzoeksteam. Voor elk van de meetmethoden werd voor de bekomen waarden van beide operatoren de correlatie berekend. De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Meetmethode	Aantal weefsels	Correlatiecoëfficiënt
N	8	0,9896
U	8	0,9838
G	4	0,9925

De hoge correlatiecoëfficiënten wijzen er op dat de meetmethoden zowel operatoronafhankelijk als

“trekbankonafhankelijk” zijn; althans voor dit pallet weefselconstructies.

4.3 Reproduceerbaarheid

Voor verschillende weefsels werden de metingen een tweede maal uitgevoerd door dezelfde operator met een tussentijd van verscheidene maanden. De garens in de weefsels bestonden uit polypropyleen en/of polyester.

Voor elk van de meetmethoden werd voor de bekomen waarden van beide meetreeksen de correlatie berekend. De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Meetmethode	Aantal weefsels	Correlatiecoëfficiënt
N	5	0,9861
U	5	0,9976
G	3	0,9970

De hoge correlatiecoëfficiënten wijzen er op dat de meetmethoden reproduceerbaar zijn; althans voor dit pallet weefselconstructies.

4.4 Voordelen en nadelen van de drie meetmethoden

Uit verschillende tests met verscheidene garens is gebleken dat voor een bepaald weefsel de ene meetmethode een betere keuze is dan een andere. Een overzicht van de voor- en nadelen van de drie methoden is hieronder weergegeven.

4.4.1 Methode met naaldkam

Staalvoorbereiding is makkelijk; het betreft een rechthoekig staal. Het verschuiven van de lenoparen in dichte weefsels is moeilijk en introduceert extra krachten. De huidige naaldkam plooit vanaf ongeveer 300 N trekkracht uit het weefsel. Een nieuw ontwerp van de naaldkam kan dit euvel verhelpen. Positionering van de kam in dichte weefsels is moeilijk. Deze methode leent zich vooral voor het testen van weefsels met lage ketting- en inslagdensiteiten en lage schuifweerstand.

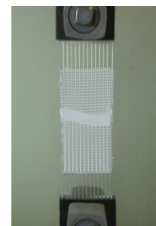
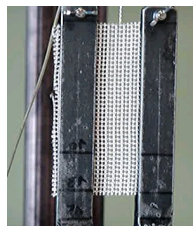
4.4.2 Methode met u-vormig inspanraam

Gladde inslaggarens in weefsels met hoge weerstandskrachten kunnen beginnen slippen in de bovenste klem van de trekbank, wat de meting bemoeilijkt. Een staal is wel makkelijk en snel voor te bereiden. Deze methode leent zich vooral voor het testen van weefsels met hoge ketting- en inslagdensiteiten en hoge schuifweerstand.

4.4.3 Methode met gescheiden dradenstelsels

Moeilijke en tijdrovende staalvoorbereiding vanaf ongeveer 10 inslagen per centimeter. Een knipfout komt frequent voor. Soms zijn enkele filamenten van het garen niet doorgeknipt of wordt het naastliggende garen beschadigd. Bij hoge inslagdichtheden kan het voorbereiden van één staal makkelijk twintig minuten in beslag nemen. Eens het staal klaar is, kan de test makkelijk en zonder extra materiaal zoals inspanraam, uitgevoerd worden. Deze methode leent zich vooral voor het testen van weefsels met lage ketting- en inslagdensiteiten terwijl zowel hoge als lage schuifweerstand vlot kunnen gemeten worden.

4.4.4 Samenvattende tabel



Meetmethode

N

U

G

Staalvoorbereiding	+	+	-
Uitvoeren van de meting	-	+/-	+
Densiteit waarvoor geschikt	eerder laag	hoog	eerder laag
Schuifweerstand waarvoor geschikt	laag	hoog	laag / hoog

5. Gebruik van reeds genormaliseerde methoden voor de bepaling van de schuifweerstand

De methoden met naaldkam, gescheiden dradenstelsels en U-vormig inspanraam werden gekozen omdat gaasweefsels (traditionele toepassing van lenoweefsels) een lage schuifweerstand vertonen. Door de evolutie van de lenotechnologie worden ook gesloten lenoweefsels betaalbaar. Dat brengt met zich mee dat bovengenoemde alternatieve methoden niet bruikbaar zijn. Draden in het weefsel scheuren nog voor ze schuiven en of de staalvoorbereiding wordt onhandelbaar. Om aldus toch deze dichte lenoweefsels te kunnen evalueren, werd nagegaan in hoeverre deze kunnen getest worden met de bestaande methode ISO 13936-1.

Correlatie van ISO 13936-1 met N, G en U

Een aantal weefsels werden zowel met de methode uit ISO 13936-1 als met de 3 alternatieven getest. Voor de bekomen waarden werden de correlatiecoëfficiënten berekend. De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Meetmethode	Aantal weefsels	Correlatiecoëfficiënt
N	3	0,8421
U	6	0,4938
G	7	0,8836

Uit de bekomen waarden kan men niet besluiten dat de methoden aan elkaar gecorreleerd zijn. Bij de methode met de naaldkam en deze met gescheiden dradenstelsel zou men op basis van de bekomen waarden kunnen vermoeden dat mits meer weefsels worden gecontroleerd er toch correlatie kan optreden, voor het U-vormig inspanraam lijkt alle correlatie uitgesloten.

6. Besluit

Veel traditionele – open – lenoweefsels kunnen getest worden volgens de methode met naaldkam, gescheiden dradenstelsel of U-vormig inspanraam. Bij hogere inslagdichtheden en hogere schuifweerstandswaarden kan teruggekeerd worden naar bestaande ISO-normen als ISO 13936-1. Resultaten bekomen met één van de vier methoden kunnen enkel vergeleken worden met weefsels getest volgens dezelfde methode. Naargelang de weefselconstructie kan gekozen worden voor de makkelijkst uit te voeren methode.

Voor de onderzochte weefsels mag gesteld worden dat de drie alternatieve methoden allen reproduceerbaar en operatoronafhankelijk zijn. Er kan niet gesteld worden dat één methode zomaar kan vervangen worden door een andere. Verder onderzoek is nodig met meer weefsels, meer weefselconstructies en dat met nieuw testgereedschap om een sluitend oordeel te kunnen vellen.

7. Literatuur

Allaert, L., Optimaliseren van lenoweefsels voor muskietennetten, Afstudeerwerk, Hogeschool Gent, Departement INWE (2005)

Smet, B., Vergelijkende studie van meetmethoden voor de schuifweerstand in lenoweefsels, Afstudeerwerk, Hogeschool Gent, Departement INWE (2006)

Leaf, G.A.V, Practical Statistics for the Textile Industry: Part I, The Textile Institute (1984)

Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles – Part 1: Determination of maximum force to seam rupture using the strip method, ISO 13935-1:1999

Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles – Part 2: Determination of maximum force to seam rupture using the grab method, ISO 13935-2:1999

Bepaling van de slipweerstand van garen in een naad bij geweven stoffen – Deel 1: Methode met vaste naadopening, ISO 13936-1:2004

Bepaling van de slipweerstand van garen in een naad bij geweven stoffen – Deel 2: Methode met vaste belasting, ISO 13936-2:2004

Détermination de la résistance au glissement des fils de couture dans les tissus - Partie 3: Méthode de la griffe, ISO 13936-3:2005

Holderer, H. Theoretische Erwägungen für eine Prüfmethode zur Ermittlung der Verschiebefestigkeit der Fäden im Gewebe, Textil Praxis, 2, p. 114 (1951)